

## VTT Technical Research Centre of Finland

### Säätövoimaa tulevaisuuden sähkömarkkinoille

Känsälä, Klaus; Hammar, Kalle

Published: 17/04/2018

*Document Version*  
Publisher's final version

[Link to publication](#)

*Please cite the original version:*

Känsälä, K., & Hammar, K. (2018). *Säätövoimaa tulevaisuuden sähkömarkkinoille*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT White Paper



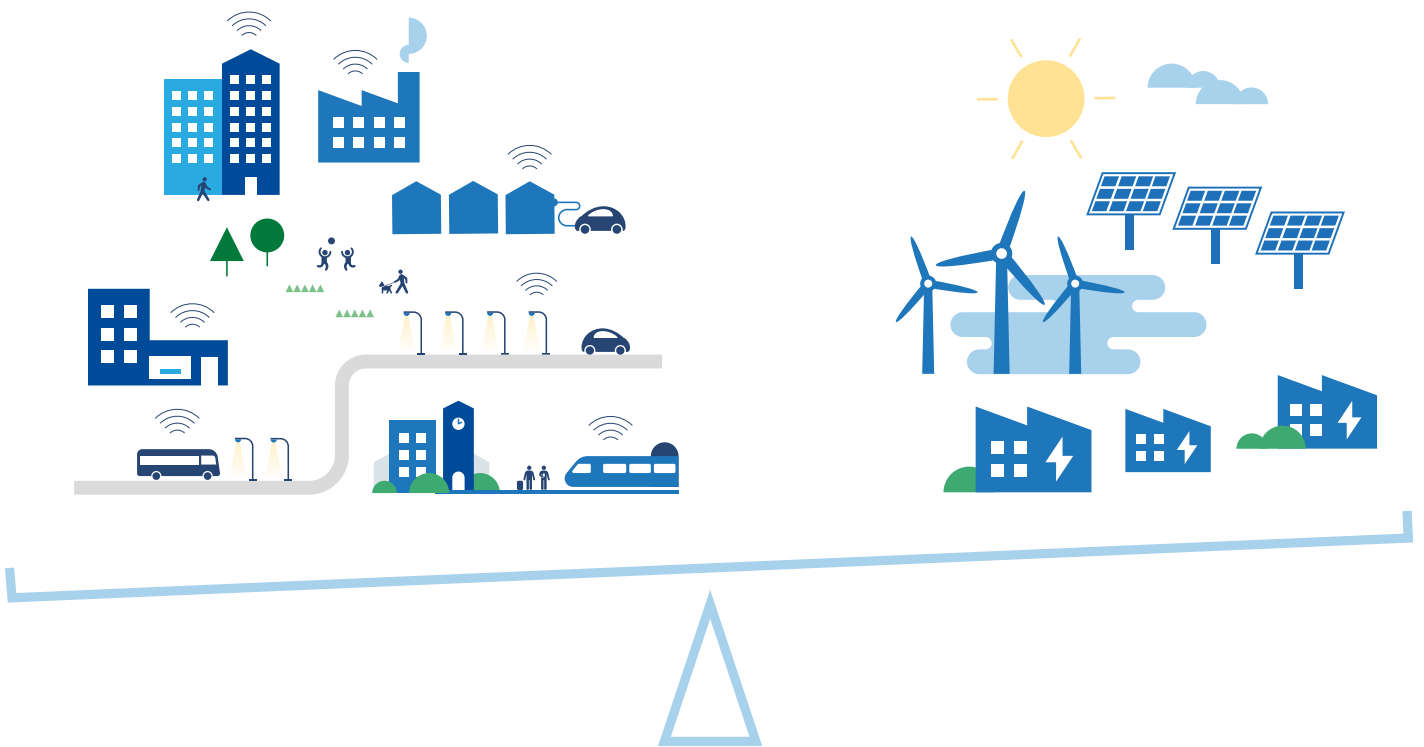
VTT  
<http://www.vtt.fi>  
P.O. box 1000FI-02044 VTT  
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.

I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.

# Säätövoimaa tulevaisuuden sähkötaloudelle



# Yhteenveto

Yhteiskunta sähköistyy kiihtyvällä tahdilla ja kulutuksen lisääntyminen luo tarpeita sähkön käytön ohjaamiseen. Sähköä käytetään uusilla tavoilla mm. lämpöpumpuissa ja sähköautojen latauksessa. Lisäksi uusiutuvien tuotantotapojen kuten aurinko- ja tuulienergian lisääntyminen luovat uusia haasteita sähköjärjestelmälle. Yhdessä nämä muutokset aiheuttavat sähköverkkoon kuormitushuippuja, jotka rasittavat niin sähkönjakeluun kuin myös tuotantoon käytettävää infrastruktuuria ja tämä tulee yhteiskunnalle kalliiksi.

Yhtenä ratkaisuna huipputehojen hallintaan on luoda paremmat edellytykset sähkön kulutustoukille sähkömarkkinoilla. Mahdollistamalla laajemmin rakennusmassan eli sähköä käyttävien loppuasiakkaiden ohjaus ja osallistuminen, voidaan merkittävästi vaikuttaa yhteiskunnan kokonaislaskuun sekä sähkönkäytön huippuihin liittyviin haitallisiin päästöihin.

Digitalisaatio toimii merkittävänä katalyyttinä ja mahdollistaa uudet toimintamallit myös sähkömarkkinoilla. On jo nähtävissä, että uusia toimijoita tulee mukaan sähkömarkkinoiden ekosysteemiin. Tämä tuo alalle uusia disruptiivisia liiketoimintamalleja sekä samalla uusia palveluita loppuasiakkaille. Muilla toimialoilla esimerkiksi musiikkibisneksessä Spotify on päivittänyt digitaalisen musiikin jakelun ja käyttömallit. AirBnB:n on mullistanut hotellialaa ja Uber muuttaa taksien liiketoimintaa. Mikä tai kuka ottaa veturinpaikan sähkömarkkinalla?

Myös sähkömarkkinat muuttuvat internetin mahdollistamien uusien liiketoimintamallien myötä. Sähkön tuotanto ja jakelu ovat kuitenkin yhteiskunnan kannalta investointi-intensiivinen ja kriittinen toimiala. Siksi sähkömarkkinan ja säätövoimamarkkinan digitalisaatio pitää tehdä hallitusti ja yhteisesti sovitulla pelisäännöllä.

## VTT ehdottaa seuraavia toimenpiteitä, jotta varmistetaan Suomen omavaraisuutta sähkömarkkinoilla:



Kysyntäjoustoon panostaminen, jotta markkinoille saadaan lisää tarjontaa säätövoimasta



Sähkön kulutuksen ja tuotannon säätelyn pitää tulevaisuudessa olla internet-pohjaista ja kilpailulle avointa



Rakennusmassassa piilevän säätöpotentiaalin tuominen markkinoille IoT-tekniikan avulla



Säätövoimalle tulee luoda markkinapaikka, josta voidaan ostaa joustoa tehotasapainon ja sähköverkkojen luotettavan toiminnan varmistamiseksi

# Säätövoima, kysyntäjousto ja älyverkko

**Säätövoimalla** tarkoitetaan energian- eli sähköntuotantoa, joka kykenee reagoimaan tuotannon ja kulutuksen välisiin vaihteluihin. Sähköä ei kyetä nykytekniikalla varastoimaan suuressa mittakavassa, joten sitä on tuotettava verkkoon joka hetki suurin piirtein saman verran kuin sitä kulutetaan.

Säätövoimaan liittyy toinen käsite, **kysyntäjousto**, joka tarkoittaa energian kysynnän hetkellistä vähentämistä, kasvattamista tai siirtämistä. Tavoitteena on rakennuksen tai laajemman alueen kustannustehokas toiminta ilman häiriöitä.

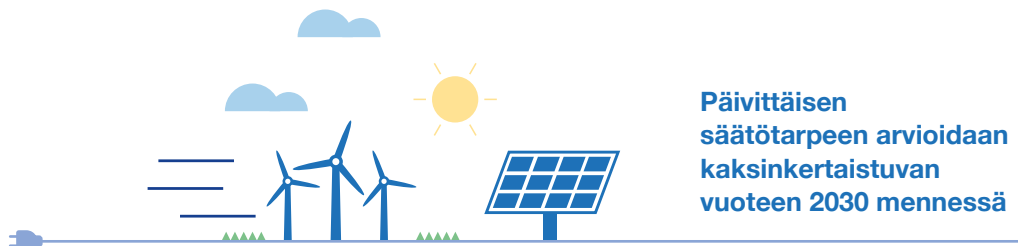
Perinteisesti sähkölaitteet ovat tietokoneita lukuun ottamatta olleet yhteydessä vain sähköverkkoon. Esineiden internet (engl. Internet of Things, IoT) kuitenkin mahdollistaa kaikenlaisten laitteiden liittämisen myös tietoverkkoon. Tällöin ne voivat raportoida omasta kulutuksestaan ja jopa sallia oman kulutuksensa säätelyä. Tällaista sähkö- ja tietoverkon yhdistelmää kutsutaan **älyverkoksi**. Älyverkon toteuttamisessa pitää tietoturvan varmistamiseen kiinnittää erityistä huomiota.

## Säätövoiman tarpeellisuus Suomelle

Säätötarpeen arvioidaan lisääntyvän Länsi- ja Pohjois-Euroopassa voimakkaasti lähivuosina, kun suuri määrä lämpövoimaan perustuvaa erillistä sähköntuotantoa poistuu. Samalla säiden mukaan vaihtelevan tuuli- ja aurinkovoiman osuus kasvaa merkittävästi. Suomessa purettiin lauhdevoimasaätökapasiteettia 2450 MW pelkästään vuosina 2015-2017. Säätötarvetta lisää myös yhteiskunnan sähköistyminen, joka kiihtyy lähiaikoina esimerkiksi sähköautojen yleistyessä. Säätövoiman ylläpitämiseksi on kaavailtu EU-tasolla kapasiteettimaksuja, joiden kustannusvaikutus on useita kymmeniä miljardeja vuodessa. Näillä on tarkoitus ylläpitää vanhentuvaa lauhdevoimatuotantoa.

Suomessa tunnin sisäisen säätötarpeen arvioidaan kasvavan noin 400 MW vuoteen 2020 mennessä pelkästään kansallisen tuulivoimavoitteen toteutumisen myötä. [Suomen Energiateollisuus2016] On huomattava, että tuulivoiman voimakas rakentaminen myös naapurimaissa jatkuu ja se vaikuttaa myös Suomen säätövoiman hankintaan esimerkiksi Ruotsista.

Päivittäisen säätötarpeen arvioidaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä. [Suomen Energiateollisuus 2016] Nyt valtaosa Suomen säätövoimasta tuotetaan vesivoimalla tai tuodaan muista Pohjoismaista, joissa on helposti säädettävää vesivoiman tuotantoa.



**Päivittäisen  
säätötarpeen arvioidaan  
kaksinkertaistuvan  
vuoteen 2030 mennessä**

# Kysyntäjousto vähentää tarvetta lisätuotannon rakentamiselle

Sähkötöntuotannon ja kulutuksen tehotasapainoon voidaan myötävaikuttaa sähkön varastoinnin tai kysyntäjoustopon avulla. Kysyntäjoustopossa kysyntää lisätään tai vähennetään siten, että muutos auttaa kulutuksen ja tuotannon tasapainon saavuttamisessa. Kysyntäjoustopo voi siirtää kysynnän toiseen ajanhetkeen, jolloin sähkön saatavuus/hinta on edullisempi käyttäjälle. Kun vähennetään sähkön kulutusta voidaan puhua myös kulutusjoustoposta.

Tällä hetkellä kysyntäjoustopon avulla luotavalle säätövoimalle on olemassa jo useita markkinoita:

- Nord Poolin day-ahead (spot) tai intraday (Elbas)
- Fingridin taajuusohjattu käyttöreservi (vuosimarkkina ja tuntimarkkina) ja taajuusohjattu häiriöreservi (vuosimarkkina ja tuntimarkkina), säätösähkömarkkina, nopea häiriöreservi

Nykyisillä markkinoilla teollisuuden suurien sähkökuormien säädettävyyttä hyödynnetään jo useilla markkinapaikoilla, mikä mahdollistaa häiriötilanteissa sähkötöntarpeen nopean vähentämisen väliaikaisesti. Markkinapaikoille pääseminen edellyttää kuitenkin suuria tehoja sekä kallista automaatiota. Nämä reunaehdot rajoittavat tehokkaasti uusien toimijoiden mahdollisuuksia tehdä kannattavaa liiketoimintaa säätövoimalla.

**Kulutuksen joustossa on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Siksi on tärkeää, että madalletaan markkinoille tulon kynnystä.**

Kysyntäjoustopon kehittäminen ja laajempi hyödyntäminen sähkön kysyntähuippujen leikkaamiseksi on kuitenkin tärkeää. Sähkön kysynnän joustassa lisääntyvä tarve säätövoiman tuotannolle on vähäisempi.

Kulutuksen joustossa on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Siksi on tärkeää, että madalletaan markkinoille tulon kynnystä

ja mahdollistetaan esim. pienempien toimijoiden parempi pääsy säätösähkömarkkinoille.

## Rakennus kertoo omasta kulutuksestaan

Kulutuksen hallinnan keskiössä ovat yksittäiset rakennukset ja niiden joustopotentialin hyödyntäminen. Suomessa on yli 570 000 sähkölämmitteistä rakennusta, joiden kulutus on suurempi kuin kaikkien ydinvoimaloiden yhteenlaskettu tuotto.

Internetin ja uusien digitaalisten ratkaisujen ansiosta rakennusten **online-hallinta** ja reaaliaikainen ohjaaminen on jo mahdollista. Rakennus voi toimittaa tietoa omasta tilastaan ja siitä, voidaanko energian kulutusta lisätä tai vähentää seuraavilla minuuteilla tai tunneilla. Rakennuksen automaatiolla voidaan ohjata yksittäisiä laitteita tai prosesseja kuten lämmitystä, ilmanvaihtoa, tai muita energiantensiivisiä prosesseja toimintaa tai olosuhteita heikentämättä.



**Suomessa on  
yli 570 000  
sähkölämmitteistä  
rakennusta**

Sähkönkulutuksen alueellinen tasapainottaminen vaatii yksityiskohtaista tietoa kulutuksen jakautumisesta, sekä kuormista joita voidaan ohjata. Lisäksi tämä tieto on saatava riittävän monesta rakennuksesta, jotta sillä on merkitystä laajemman energiataseen kannalta. Kun yksittäisiä rakennuksia liitetään tietotekniikan avulla yhteen, puhutaan **aggregoinnista**.



Ohjaamiseen tarvittava tieto voidaan tiivistää seuraavasti:

- Miten paljon ohjattavaa tehoa on käytettävissä?
- Kuinka pitkään tehoa voidaan ylläpitää?
- Missä ohjattava teho sijaitsee?

Kun tarkastellaan paikallisen energianhallinnan mahdollisuuksia ja haasteita tulevaisuudessa on selvää, että kiinteistöihin tarvitaan kaupallisia ohjauksen mahdollistavia ratkaisuja. Uusi järjestelmä tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se pohjautuu ohjaamiseen tarvittavan tiedon tehokkaaseen ja automatisoituun hyödyntämiseen sähkömarkkinoilla.

Tulevaisuuden ohjaus- ja joustopalvelua/laitteita tarjoavalla osapuolella on tarve mitata ja ohjata kuormia reaaliaikaisesti sähkökauppaa säätelevän tasejakson aikana oman palvelunsa toiminnan optimoimiseksi. Tähän tarpeeseen kiinteistön nykyinen päämittaus ei vastaa (jakeluverkon vastuulla oleva laskutusmittaus). Jakeluverkon mittarointi soveltuu kuitenkin tasejaksolla tapahtuvan kuorman todentamiseen kauppapaikoilla (nyt 1h v.2020 15 min ja myöhemmin mahdollisesti 5 min). Tasejakson lyhentäminen nykyisestä tunnista esim. 15 minuutin tasejaksoon mahdollistaisi myös pienempien kuormien hyödyntämisen markkinoilla.

## Uusia toimijoita ekosysteemiin

Sähkökaupan ja kysyntäjouston avautuminen ja sitä tukevat digitaaliset prosessit mahdollistavat monipuolisempien palveluiden toteutuksen loppukäyttäjille sekä uusien osapuolien tulon mukaan sähkömarkkinoille. Ekosysteemiin tulee kokonaan uusia toimijoita, **välittäjiä/aggregaattoreita**.

Euroopassa on jo merkkejä tästä ilmiöstä. Esimerkiksi Ranskan ja Saksan markkinoilla toimii yrityksiä, jotka eivät itse tuota lainkaan sähköä, mutta myyvät edustamiensa loppukäyttäjien säädettävää kuormaa säätövoimamarkkinoille. Uuden teknologian hyödyntäminen on muuttanut useita toimialoja eikä sähkömarkkinat ole tästä poikkeus. Nopea kehitys ja uudet toimintamallit luovat tarpeen sähkömarkkinalainsäädännön kehittämiselle.

# Uusia haasteita markkinan kehittämiseen

Kysyntäjoustoon keskittyneessä kehityshankkeessa on törmätty nykyisen markkinan osalta muutamiiin käytännön haasteisiin ja kysymyksiin: **Aggregaattorin** rooli on epäselvä, onko kyseessä tasevastuullinen toimija vai ei? **Verkkoyhtiöllä** ei ole myöskään selkeää roolia, pitäisikö sen voida osallistua sähkökauppaan vai ei? Pitäisikö **säätösähköllä** olla myös alueelliset markkinat? Miten säätösähköä tulisi **mitata**, nyt ei ole selkeää toimintaohjetta. Alla on esitetty muutamia ratkaisuehdotuksia näihin kysymyksiin:

1. **Aggregaattori:** Sähkömarkkinaosapuolena toimiessa tulisi olla tasevastuullinen. Jos aggregaattori toimii vain säätökapasiteetin myyjänä sen ei tarvitsisi olla tasevastuullinen, toki silloin kapasiteetti myytäisiin tasevastuulliselle toimijalle tai tasevastuullisen toimijan kautta markkinalle.
2. **Verkkoyhtiön rooli:** Voisi olla aktiivinen säätötehon ostaja alueellisesti, ei insentiiviä oman jakelualueen ulkopuolella.
3. **Alueelliset markkinat:** Paikkatiedon hyödyntäminen mahdollistaa myös alueelliset säätömarkkinat, jolloin alueelliset jakeluverkot voisivat hyödyntää kaupallista tarjontaa.
4. **Mittaaminen:** Pääasiallisesti todentaminen pitäisi nojautua markkinalla vallitsevaan tasejaksoon ja varmennettuun jakeluverkon mittaukseen (alle 1 h tasejakso esim. 15 min jakso mahdollistaisi paremmin säädettävyyden sekä sen todentamisen). Tasejaksoa lyhyemmille alle 15 minuutin säätömarkkinoille voisi olla erilliset säännöt kuten nykyään.

## Joustoa markkinalle sekä selkeät roolitukset ja vastuut toimijoille:

Suomessa säätösähkömarkkinat ovat vahvasti tuotantovetoiset. Uudet teknologiat ja palvelumallit mahdollistavat myös kulutuksen jouston reaaliaikaisemman hyödyntämisen osana markkinaa. Tätä varten pitäisi luoda yhteinen digitaalinen kauppapaikka kulutusjoustolle. Kauppapaikan tulee olla läpinäkyvä hintojen ja reagointiaikojen suhteen. Sen tulee myös mahdollistaa pienten sähköerien myynti kustannustehokkaasti.

## Bottikauppaa:

Yhtenä mahdollisena kauppapaikan toteutustapana on automatisoida kaupankäyntiä rahapörssistä tuttuja bottien avulla [Botti on lyhenne sanasta robotti ja tarkoittaa tietokoneohjelmaa, joka osaa toimia itsenäisesti sille määritettyjen toimintaohjeiden puitteissa]. Tehtyjen kauppojen todentaminen voidaan tehdä automaattisesti blockchain [lohkoketju] teknologiaa hyödyntämällä.

Bottien toiminnan pitäisi olla pörssikauppaa säädellympää, jotta sähköverkon toimintavarmuus pystyttäisiin takaamaan. Lisäksi botin saisi käyttöönsä vasta kun on osoittanut täyttävänsä tietoturvaan ja luotettavuuteen liittyvät vaatimukset.

# Johtopäätökset

Sähkömarkkinoiden toimintaa on totuttu säätämään tuotannon kautta. Tämä tie alkaa olla loppuun kuljettu ja siksi on syytä mahdollistaa myös kulutuksen ohjaaminen.

Uudet digitaaliset teknologiat mahdollistavat monia tapoja rakentaa markkinaehtoista säätövoimaa hyödyntämällä rakennuksia ja laitteistoja. Tällä hetkellä Suomessa ei kuitenkaan ole vielä mekanismeja tehdä sähkön kulutuksen joustosta dynaamista liiketoimintaa.

Suomen olisikin tärkeää luoda uusi digitaalinen säätösähkömarkkina. Tällaisessa markkinapaikassa sähköä voisi ostaa ja myydä hyvin nopeilla vasteajoilla kuten osakepörssissä. Väärinkäytösten ennaltaehkäisemiseksi markkinapaikan pelisäännöt tulee määritellä tarkkaan ja teknologia toteuttaa sen mukaan.

Oikein toteutettuna sähkön avoin markkinapaikka toisi vakautta ja omavaraisuutta Suomelle ja jopa mahdollisuuksia myydä säätösähköä muihin maihin.

Kiinteistöjen kysyntäjoustop hyödyntämiseen liittyvä tutkimus on tehty Tekesin (Business Finland) rahoittamassa VIRPAB projektissa, ja se päättyy 2018 huhtikuussa. VTT:n lisäksi siinä ovat mukana Oulun yliopisto sekä yritysosapuolina Fingrid, S-ryhmä, Rejlers, Jalecon, Jetitek, Green Energy Finland, Fidelix ja Emtele. Tutkimuksen kokonaisvolyyymi on noin miljoona euroa.

## **Klaus Kansälä**

Erikoistutkija

klaus.kansala@vtt.fi

+358 40 546 0131

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

## **Kalle Hammar**

Liiketoimintajohtaja, mittauspalvelut

kalle.hammar@rejlers.fi

+358 50 434 4013

Rejlers Finland Oy

## **Lähteet:**

VATT Policy Brief 3-2015

Harsia Pirkko et al. (2017) Edellytykset kysyntäjoustop toteutumiselle kiinteistöissä

Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050

Syke raportti 35/2016 ISBN:978-952-11-4644-2

Suomen Energiavisio 2030, VTT



# Valoisa tulevaisuus luodaan tieteeseen perustuvilla innovaatioilla

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on yksi Pohjoismaiden johtavista T&K&I-organisaatioista.

Tuotamme soveltavaan tutkimukseen pohjautuvia asiantuntijapalveluja kotimaisille ja kansainvälisille asiakkaillemme ja kumppaneillemme, liike-elämälle ja julkiselle sektorille.

Luomme vaikuttavuutta tieteellisellä ja teknologisella huipputaamisella ja autamme yrityksiä kasvamaan ja yhteiskuntaa menestymään.



**TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY**

Vuorimiehentie 3, Espoo

PL 1000, 02044 VTT

Puh. 020 722 111

[www.vtt.fi](http://www.vtt.fi)